植 物 分 类 学 报 38(4):366~380(2000)
Acta Phytotaxonomica Sinica

中国亚热带地区植物区系地理成分及其空间格局的数量分析

[1,2]沈泽昊 [2]张新时
[1](北京大学城市与环境科学系 北京 100871) [2](中国科学院植物研究所 北京 100093)

A quantitative analysis on the floristic elements of the Chinese subtropical region and their spatial patterns

[1,2]SHEN Ze-Hao [2]ZHANG Xin-Shi
[1](*Department of urban & environmental sciences, Peking University*, Beijing 100871)
[2](*Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100093)

Abstract Using the methods of PCA and TWINSPAN, floristic data of seventy-six mountain floras in the Chinese subtropical region were quantitatively analyzed to reveal the compositional characteristics of its floristic elements, the relationships of its different floristics elements, and the correlation as well as the spatial differentiation of its floristic element composition. Moreover, a north-south transect between 108.5°~111.5° E and an east-west transect between 29°~31° N were set up to analyze the spatial gradients of several floristic elements. The results are summarized as follows: ① In the subtropical region, the 15 areal-types of genera of seed plants of China fall into 4 groups: tropical, temperate, arid and eastern Asian, with the pantropic elements and the northern temperate elements being of the highest percentage, the eastern Asian elements being of a very high percentage, and the endemism being of a very high degree, while the arid elements being of a very low percentage. ② As shown by the result of PCA, the northern, middle and southern parts of the Chinese subtropical region are well differentiated in terms of their floristic composition, but the eastern and the western parts are not clearly differentiated. ③ The transect analysis has clearly shown the gradient pattern of the ratio of tropical vs. temperate elements, the status of the region from eastern Sichuan to Western Hubei as a distribution center of the Chinese endemic genera, and the contrary distribution pattern of the cosmopolitan elements and the Chinese endemic elements in the Chinese subtropical region.

Key words Chinese subtropical region; Floristic elements; Spatial pattern

摘要 选择我国亚热带区域76个地区(不包括行政单元)的植物区系调查和研究资料,采用主成分分析(PCA)、TWINSPAN聚类和样带梯度分析方法,研究了我国亚热带区域植物区系地理成分的构成特征和各成分之间的关系;各研究区域间植物区系地理成分构成的相关性和空间分异特征;并分析了贯穿我国亚热带区域的东经108.5°~111.5°和北纬29°~31°两条样带的几种区系地理成分的分布梯度。结果表明:① 15种区系地理成分可以归为热带成分、温带成分、干旱区成分和东亚中心成分4组;我国亚热带各地区区系地理成分中泛热带和北温带分布的比例最高;干旱区分布诸类比例极小;东亚中心成分的比例突出,特有性强;② 样点的PCA排序明显反映了北、中、南亚热带在区系地理成分构成上的差异,但亚热带东西部的差异不明显;③ 样带分析清晰地反映了热带、温带成分之比的梯度格局;川东鄂西地区特

1998-05-14收稿,1999-11-08收最后修改稿。

有分布中心的地位和世界分布与特有成分相反的分布格局。

关键词　中国亚热带区域；区系地理成分；空间格局

中国植物区系地理成分分布的研究主要自20世纪50年代开始，而第一份总结性的成果见吴征镒和王荷生(1983)。这一工作将我国分布的3116个种子植物属的分布区归纳为15个分布型和31个亚型。经修改增补后，正式发表了《中国种子植物属的分布区类型》(吴征镒,1991)，为我国植物区系地理成分的研究提供了一个可资比较的基础。

在全世界同纬度区域，我国的亚热带地区以大面积常绿阔叶林植被以及其中蕴藏的古老、丰富的植物区系独具特色。吴征镒(1964)指出了北纬20°～40°之间的中国南部与西南部在东亚区系中的核心地位。张宏达(1984)认为中国亚热带山地地区是"华夏植物区系"的核心和起源地。由于区域内不同地区地质历史、古气候的差异和现代地理环境的异质性，各地植物区系的差异仍是明显的。吴征镒(1979)在中国植物区系分区研究中，把我国亚热带植物区系划分为中国-日本森林植物亚区的华东、华中、华南、滇黔桂地区和中国－喜马拉雅森林植物亚区的云南高原、横断山脉和东喜马拉雅地区。近十几年来，对亚热带范围内各地植物区系的研究已有相当可观的积累，但多为就点而论，有关全国或大区域的统计分析也是以省为单位计量，而实际上现存植物区系的主体和特色主要保存在区域内广大山地丘陵地区。

本文依据广泛搜集和整理的我国亚热带山地植物区系的点上资料，运用数量方法，试图分析这15个主要分布区类型之间的关系和它们与地理环境的关系；探讨在这一广大区域中，地理环境的变异和地理位置的差异对植物区系的构成究竟产生了怎样的宏观影响，各种地理成分以及它们的构成有怎样的空间格局和空间分化；从植物区系地理成分的空间分布格局来探究中国亚热带地区植物区系意义上的特殊地区。

1　数据来源和分析方法

1.1　数据的收集、整理和计算

本文的分析数据选自正式发表的亚热带各地植物区系地理研究结果或区系资料，包括北亚热带北缘的皖北皇藏峪到南亚热带南缘的广西弄冈共76个自然区域(不含基于行政单元的资料)(图1)。对区系原始资料，根据吴征镒的分布区类型划分统计15种地理成分的属数。从收集的资料来看，各研究区域的地理范围、海拔、植被受干扰的程度等差别很大；区系调查研究的深度、范围也各不相同：这在一定程度上会导致研究结果的偏差。但以属为统计分析对象可以很好地消减上述第二方面的偏差。另外分析采用14个分布区类型(即不包括世界广布成分)的属数分别占当地总属数的百分比，这样便大大消减了各研究区域面积差异带来的影响，增强了数据间的可比性。

将76个研究地区视为亚热带区域面上的点是合适的。为便于分析，根据其地理坐标范围换算出各地几何中心位置的地理坐标，并按区系地理成分分析的惯例，计算除世界广布成分(T1)外其它14个类型所占属数各自在$\sum Ti$($i = 1, 2, ...14$)中的百分比。另外，以$T_{s/t} = \sum Ti/\sum Tj$ ($i = 2 \sim 7; j = 8 \sim 15$)反映热带、亚热带成分与温带成分之比。由此构成了数量分析的基本数据矩阵$R_{76 \times 17}$(见表1)。

表 1 我国亚热带区域 76 个

Table 1 The statistic table of the floristic elements

编号 Number	地名 Locality	经度 Longitude	纬度 Latitude	T1	T2	T3	T4	T5
1	河南老界岭 Laojieling Mt., Henan	111.40	33.70	0.09	15.16	0.97	3.89	2.78
2	河南宝天曼 Baotianman, Henan	111.90	33.50	0.10	15.85	1.86	3.73	3.33
3	秦岭南坡 southern slope of Qinling Mt.	109.00	33.30	0.11	15.14	1.13	3.38	2.58
4	河南桐柏山 Tongbai Mt., Henan	113.28	32.38	0.12	17.08	1.06	4.23	3.17
5	河南金冈台 Jingangtai, Henan	115.57	31.73	0.08	16.46	1.86	3.42	3.11
6	河南鸡公山 Jigong Mt., Henan	114.06	31.82	0.11	20.14	1.41	4.77	3.18
7	河南大别山 Dabie Mt., Henan	114.92	31.38	0.09	16.85	1.08	4.64	2.94
8	上海 Shanghai	121.30	31.00	0.10	22.75	6.74	1.97	6.46
9	南京紫金山 Zijin Mt., Nanjing	118.84	32.07	0.19	18.10	6.32	5.75	2.87
10	安徽皇藏裕 Huangzangyu, Anhui	117.08	34.05	0.17	24.18	0.37	3.66	2.93
11	安徽大历山 Dali Mt., Anhui	117.47	30.04	0.08	19.83	2.92	6.68	5.22
12	安徽清凉峰 Qingliangfeng Mt., Anhui	118.87	30.12	0.10	17.00	1.82	3.64	2.43
13	安徽三清山 Sanqing Mt., Anhui	118.07	28.92	0.11	18.69	2.46	5.13	2.67
14	安徽黄山 Huangshan Mt., Anhui	118.18	30.17	0.08	16.69	1.52	4.55	3.20
15	安徽陀尖山 Tuojian Mt., Anhui	116.08	30.75	0.10	14.57	2.21	3.75	1.77
16	安徽多枝尖 Duozhijian, Anhui	116.08	30.88	0.08	14.64	1.71	4.75	2.66
17	安徽鹞落坪 Yaoluoping, Anhui	116.30	30.88	0.08	14.58	1.89	4.73	2.65
18	安徽马鬃岭 Mazongling Mt., Anhui	115.75	31.31	0.11	18.28	1.64	3.90	4.31
19	大别山 Dabie Mt.	115.78	31.18	0.08	12.82	1.52	5.40	2.36
20	湖北十堰 Shiyan, Hubei	110.78	32.59	0.09	16.45	1.68	4.30	2.99
21	湖北竹溪 Zhuxi, Hubei	109.81	32.00	0.09	17.75	2.25	3.66	1.97
22	湖北太阳坪 Taiyangping, Hubei	110.65	31.61	0.09	11.83	1.78	2.66	1.48
23	湖北神农架 Shennongjia, Hubei	110.45	31.60	0.07	13.05	1.51	3.71	3.16
24	湖北大洪山 Dahong Mt., Hubei	113.00	31.30	0.11	18.04	1.74	4.57	3.48
25	湖北天堂寨 Tiantangzhai, Hubei	115.76	31.11	0.07	13.59	2.23	4.67	2.84
26	湖北大老岭 Dalaoling Mt., Hubei	110.83	31.05	0.11	16.83	1.94	4.21	3.24
27	湖北玉泉山 Yuquan Mt., Hubei	111.67	30.78	0.27	13.51	0	6.76	1.35
28	湖北木林子 Mulinzi, Hubei	110.38	30.45	0.05	12.80	5.60	2.40	1.60
29	湖北星斗山 Xingdou Mt., Hubei	109.12	30.05	0.03	15.88	4.29	6.01	4.29
30	四川四面山 Simian Mt., Sichuan	106.33	28.50	0.02	19.62	5.70	6.96	3.16
31	四川缙云山 Jinyun Mt., Sichuan	106.33	29.82	0.10	23.17	7.67	6.00	4.67
32	四川金佛山 Jinfo Mt., Sichuan	106.60	29.00	0.09	16.35	2.76	3.82	2.55
33	四川都江堰 Dujiangyan, Sichuan	103.61	31.06	0.08	18.27	2.03	4.33	3.38
34	浙江天目山 Tianmu Mt., Zhejiang	119.42	30.33	0.07	15.93	2.65	5.01	3.24
35	浙江金华北山 Mount Bei of Jinhua,Zhejiang	119.63	29.22	0.13	21.73	2.00	6.21	3.55
36	浙江天童山 Tiantong Mt., Zhejiang	121.78	29.8	0.06	25.00	2.63	5.92	2.63
37	浙江龙王山 Longwang Mt., Zhejiang	119.38	30.38	0.09	18.05	1.24	3.73	3.11
38	浙江北仑 Beilun, Zhejiang	121.87	29.83	0.12	23.90	1.92	7.69	4.40
39	浙江建德 Jiande, Zhejiang	119.52	29.68	0.09	17.50	2.50	5.00	3.57
40	浙江海岛 Islands of Zhejiang	121.80	29.00	0.08	20.29	1.67	4.30	4.42
41	浙江龙塘山 Longtang Mt., Zhejiang	118.93	30.17	0.09	20.17	2.18	0.67	3.70
42	浙江九龙山 Jiulong Mt., Zhejiang	118.87	28.35	0.09	17.20	2.10	6.60	4.50
43	江西庐山 Lushan Mt., Jiangxi	116.00	29.61	0.10	20.66	1.80	5.24	4.04

地区植物区系地理成分统计表
in 76 local floras of the Chinese subtropical region

T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	$T_{s/t}$	备注 Note
3.20	3.76	26.43	8.48	10.57	2.50	1.53	0.83	14.88	5.01	0.42	*
3.60	3.99	25.70	8.66	10.39	2.53	2.13	0.67	14.78	2.80	0.48	
3.22	2.42	28.02	9.02	10.95	2.42	0.97	0.48	16.43	3.86	0.39	*
3.17	3.17	28.35	8.10	10.56	2.11	1.58	0.88	14.26	2.29	0.47	
2.48	5.59	29.19	8.07	9.94	3.11	0.31	0	14.29	2.17	0.49	
3.00	4.24	26.50	8.13	8.30	2.65	1.24	0.35	13.25	2.83	0.58	
2.47	5.72	27.20	7.88	9.58	2.47	1.24	0.62	14.22	3.09	0.51	
1.69	6.18	24.44	4.78	1.69	2.25	4.49	1.69	12.92	1.97	0.84	#
2.30	2.01	23.85	8.62	8.62	1.44	6.32	2.01	9.20	2.59	0.60	
1.83	2.56	29.30	7.69	12.82	2.20	1.47	0.37	9.52	1.10	0.55	
4.18	7.93	16.70	10.44	6.05	2.09	0.63	0	14.82	2.51	0.88	#
2.43	6.28	23.08	10.73	7.49	2.02	0.20	0	19.43	3.44	0.51	#
3.08	11.29	20.53	7.80	5.54	0.62	0	0	19.10	3.08	0.76	
3.20	6.07	23.10	10.79	6.91	1.52	0.34	0	18.38	3.71	0.54	#
2.21	6.84	27.59	7.95	6.18	1.99	1.77	0	20.53	2.65	0.46	#
1.90	5.32	28.90	9.70	6.08	2.09	1.52	0	17.68	3.04	0.45	#
1.89	5.30	28.79	9.66	6.25	2.08	1.52	0	17.61	3.03	0.45	#
2.26	3.90	24.44	11.29	8.62	1.85	0.21	0.21	16.22	2.87	0.52	
2.19	4.38	28.16	10.96	6.58	1.85	1.52	0	19.06	3.20	0.40	
3.18	6.17	23.93	8.60	8.97	2.06	0.56	0.37	16.45	4.30	0.53	*
3.10	6.48	27.61	10.42	6.76	4.79	0.85	0	7.04	7.32	0.54	*
2.37	6.21	32.25	13.02	7.69	0.59	0	0.59	15.98	3.55	0.36	*
3.02	6.59	25.69	9.20	8.38	2.34	0.55	0.27	16.62	5.91	0.45	*
3.04	5.00	25.87	10.43	8.70	1.30	0.22	0	14.78	2.83	0.56	
2.43	6.69	26.98	8.72	8.32	2.84	3.85	0	14.60	2.23	0.48	
1.62	5.50	28.16	14.56	7.44	1.94	0	0	10.36	4.21	0.50	*
4.05	4.05	29.73	8.11	4.05	6.76	0	0	17.57	4.05	0.42	#
4.00	8.00	28.80	11.20	1.60	0.80	0	0.80	19.20	3.20	0.52	*/#
2.15	11.16	15.88	12.45	2.15	0.43	0.43	0	19.74	5.15	0.78	*/#
1.90	10.76	18.99	11.39	5.06	0	0.63	0	13.92	1.90	0.93	
3.67	8.33	17.00	5.33	7.33	1.17	1.33	0	12.33	2.00	1.15	#
2.76	8.70	23.78	9.34	6.79	0.85	0.21	0	16.56	5.52	0.59	#
4.47	8.12	22.33	7.58	7.31	1.89	0.41	0.41	15.02	4.47	0.68	#
2.80	8.26	23.30	7.82	6.49	2.51	0.59	1.18	16.96	3.24	0.61	#
3.55	5.32	23.50	6.87	7.76	1.33	0.67	0	15.08	2.44	0.73	#
1.97	13.82	15.79	1.32	8.55	0.66	0	0	19.08	2.63	1.08	#
2.07	5.19	24.27	11.41	7.26	1.66	0.41	0	18.67	2.90	0.50	#
3.30	7.14	18.96	7.42	6.87	1.92	0.27	0	13.74	2.47	0.94	#
2.50	8.57	20.36	12.14	5.71	0.71	0.36	0	17.86	3.21	0.66	#
2.86	5.01	13.01	5.01	5.73	1.19	0.24	0.12	35.08	1.07	0.63	#
3.36	7.23	22.18	10.59	5.88	1.51	0.84	0	18.49	3.19	0.60	#
2.70	10.40	18.90	10.50	5.30	1.60	0.40	0	17.80	2.00	0.77	
2.69	8.23	19.91	9.13	7.34	1.35	0.60	0.60	15.87	2.54	0.74	#

编号 Number	地名 Locality	经度 Longitude	纬度 Latitude	T1	T2	T3	T4	T5
44	江西云居山 Yunju Mt., Jiangxi	115.60	29.16	0.12	16.26	4.12	5.14	2.26
45	江西大冈山 Dagang Mt., Jiangxi	114.63	27.67	0.10	13.18	3.86	6.59	2.73
46	江西井冈山 Jinggang Mt., Jiangxi	114.23	26.58	0.08	21.41	2.25	7.34	4.64
47	江西崇义 Chongyi, Jiangxi	114.28	25.66	0.10	17.92	5.00	6.88	2.92
48	湖南壶瓶山 Huping Mt., Hunan	110.73	30.05	0.08	18.39	3.50	4.82	4.09
49	湖南八大公山 Badagong Mt., Hunan	109.93	29.74	0.07	17.42	1.82	5.00	4.39
50	湖南佼母溪 Jiaomuxi, Hunan	111.40	28.89	0.08	18.90	2.33	6.40	4.07
51	湖南桃源洞 Taoyuandong, Hunan	114.00	26.61	0.07	18.72	5.20	6.41	5.03
52	贵州梵净山 Fanjing Mt., Guizhou	108.79	27.93	0.08	18.96	1.86	6.32	4.65
53	贵州雷公山 Leigong Mt., Guizhou	108.24	26.39	0.09	17.07	2.99	5.69	2.10
54	湘黔桂交界 Border of Hunan, Guizhou and Guangxi	109.72	25.84	0.06	17.98	4.19	8.09	5.52
55	横断山脉 Hengduan Mts.	99.20	27.50	0.06	15.92	2.33	6.27	3.62
56	云南玉龙山 Yulong Mt., Yunnan	100.32	27.18	0.06	17.00	1.40	3.70	2.00
57	福建武夷山 Wuyishan Mt., Fujian	117.78	27.85	0.08	21.85	2.00	6.77	4.92
58	福建万木林 Wanmulin, Fujian	118.15	27.05	0.10	29.01	2.12	8.02	4.01
59	福建三明 Sanming, Fujian	117.43	26.17	0.09	29.87	5.57	7.09	6.08
60	福建龙栖山 Longqi Mt., Fujian	117.27	26.55	0.10	24.90	2.26	6.79	4.32
61	广东车八岭 Chebaling, Guangdong	114.11	24.50	0.09	27.50	3.28	9.84	5.65
62	广东黑石顶 Heishiding, Guangdong	111.75	23.38	0.07	26.61	2.96	11.30	7.13
63	广东鼎湖山 Dinghu Mt., Guangdong	112.58	23.18	0.07	30.71	3.40	11.14	8.15
64	广西苗儿山 Miaoer Mt., Guangxi	110.46	25.88	0.11	10.15	2.44	13.16	4.89
65	广西九万山 Jiuwan Mt., Guangxi	108.72	25.29	0.06	19.97	2.76	8.42	5.78
66	广西大瑶山 Dayao Mt., Guangxi	110.18	24.07	0.09	10.98	4.39	12.08	6.79
67	广西花坪 Huaping, Guangxi	109.89	25.59	0.11	20.69	3.22	7.36	4.37
68	广西弄冈 Nonggang, Guangxi	106.70	22.30	0.03	25.68	3.18	15.68	8.64
69	广西石灰岩区 Karst region in Guangxi	106.50	22.60	0.03	17.72	4.125	14.77	8.44
70	滇金沙江干热河谷 Dry and warm valley of Jinsha River, Yunnan	100.50	27.50	0.10	33.16	2.61	10.18	3.39
71	云南元谋 Yuanmou, Yunnan	102.00	27.00	0.12	41.88	2.56	10.68	2.56
72	怒江干热河谷 Dry and warm valley of Nu River	98.90	26.00	0.10	45.73	4.70	10.26	5.56
73	云南狮山 Shi Mt., Yunnan	102.86	25.46	0.10	21.58	1.87	6.85	2.49
74	云南中部 Central Yunnan	102.00	25.00	0.10	21.73	2.02	6.21	3.64
75	元江干热河谷 Dry and warm valley of Yuan River	102.50	23.50	0.12	44.12	3.92	8.82	3.43
76	云南古林箐 Gulinqing, Yunnan	104.39	23.00	0.10	19.00	3.10	8.80	5.80

T1 ~ T15 各分布区类型的解释见图 2; $T_{s/t}$ = 热带-亚热带分布诸类型的和与温带诸类型的和之比。
For the explanation of T2 ~ T15, see Fig. 2; $T_{s/t}$ = the ratio of the total of subtropical and tropical types to that of temperate types.

1.2 分析方法

本文分析包括以下几方面: ① 对分布区类型进行主成分分析以及主成分与地理坐标和 14 个分布区类型间的相关分析;② 对 14 个分布区类型和 76 个样点作主成分排序分析(PCA); ③ 利用二元指示种聚类(TWINSPAN)方法对 76 个样点进行数量分类;④ 用我国亚热带区域内东经 108.5° ~ 111.5° 和北纬 29° ~ 31° 两条样带点上的数据分析中国特有属、世界分布属(占总属数百分比)和热带、亚热带分布属与温带分布属数之比的分布梯度。上述分析的具体数学计算方法见李振宇和邱小敏(1993)。

Cont.

T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	$T_{s/t}$	备注 Note
4.12	7.00	15.64	8.23	6.38	3.50	3.50	0.41	20.37	3.09	0.64	#
4.66	15.76	12.70	6.43	5.47	3.38	1.61	0	20.74	2.89	0.88	
3.59	10.03	15.87	8.68	5.39	0.75	0.30	0	16.02	3.74	0.97	
3.13	12.71	13.54	8.33	5.42	1.04	1.67	0.21	17.08	4.17	0.94	
2.04	7.59	19.42	9.34	7.74	1.31	0.58	0	16.64	4.53	0.68	* / #
2.88	10.00	19.09	9.70	6.21	1.06	0.30	0	16.36	5.76	0.71	* / #
2.03	11.34	18.60	9.01	4.94	0.58	0	0	16.86	4.94	0.82	*
4.85	12.82	15.25	6.76	6.59	0	0	0	15.25	3.12	1.13	
4.28	9.48	20.07	8.18	5.39	0.93	0.19	0	15.43	4.28	0.84	*
2.40	12.87	23.05	9.88	4.19	0.90	0	0	14.07	4.79	0.76	
6.09	13.80	12.65	7.14	5.52	1.05	0.76	0.10	11.89	5.23	1.26	*
5.23	11.01	18.73	5.39	6.83	2.01	1.77	1.45	13.67	5.79	0.80	
4.50	3.30	30.31	6.10	10.70	2.70	1.80	0.98	12.10	3.40	0.47	
4.00	11.08	15.69	9.08	4.00	0.77	0.15	0	16.15	3.54	1.02	
4.48	12.97	15.09	6.37	4.25	0.94	0	0	11.32	1.42	1.54	
4.05	11.90	11.65	7.85	3.54	0.51	0.76	0	8.86	2.28	1.82	
5.14	10.70	16.05	7.61	4.53	1.03	0	0	14.40	2.26	1.18	
6.01	13.48	11.66	6.38	4.19	0.73	0.18	0	9.84	1.28	1.92	
5.91	21.57	7.48	4.00	2.61	0.17	0.17	0	8.87	1.22	3.08	
6.66	18.07	7.20	3.67	2.58	0.54	0.27	0	6.11	1.49	3.57	
5.26	9.77	6.20	5.45	13.35	0	0	0	24.44	4.89	0.84	*
5.40	18.09	11.68	6.41	3.52	0.38	0.25	0	12.31	5.03	1.53	*
7.59	21.37	13.58	5.99	1.40	0.60	0	0	15.08	0.14	1.72	*
3.91	14.71	15.40	8.51	4.60	0.46	0.23	0	13.10	3.45	1.28	*
7.05	26.36	4.09	1.82	0	0.45	0.23	0	4.77	2.05	6.46	
7.59	24.05	7.17	3.80	1.69	0	0.42	0	7.17	2.95	3.31	
9.66	7.57	12.27	3.13	6.53	0.78	1.83	0.26	5.22	3.39	1.99	
8.12	6.41	10.68	2.56	5.98	0.85	0.85	0.43	5.13	1.28	2.60	
9.83	9.83	6.41	1.71	1.71	0.43	0.43	0	2.99	0.43	6.09	
6.43	6.85	23.65	6.85	7.26	1.24	0.41	0	12.24	2.28	0.85	
6.75	6.88	22.81	6.07	6.61	1.35	0.54	0.27	11.20	3.91	0.90	
10.29	4.90	10.78	1.96	4.41	0.98	0.98	0	4.41	0.98	3.08	
5.10	25.70	11.50	4.90	2.90	0.40	0	0	9.70	3.10	2.08	

* 南北样带中的样点；# 东西样带中的样点。

* The sample points in the south-north transect; # The sample points in the east-west transect.

2 结果分析

2.1 中国亚热带植物区系地理成分的基本特征

图 2 反映了我国 76 个亚热带区域植物区系地理成分构成的平均状况及其与全国整体情况的差异：第一，在亚热带各点，泛热带分布、北温带分布成分占有最突出的比重，而在全国则是热带亚洲分布成分最多，其它几个热带、亚热带分布类型的比例与全国基本一致。第二，东亚分布、东亚－北美间断分布类型具有较强的东亚地区性，且多古老成分。

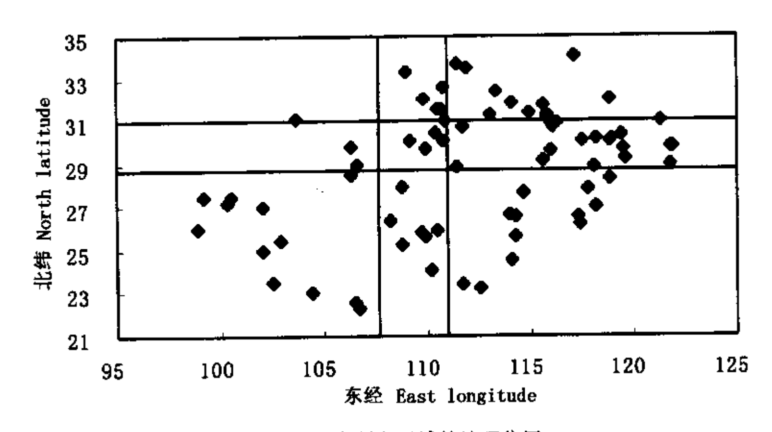


图1 76个研究区域的地理位置
Fig.1 The geographical locations of the 76 local floras studied

这两类成分在亚热带各点的比例都明显高于全国水平,表明亚热带地区相对全国来讲更处在东亚区系的核心地段。第三,亚热带各点的温带亚洲、地中海-西亚-中亚、中亚分布3类成分极低的比例显然不同于全国的情况。这与第三纪晚期以来,由于青藏高原隆升,基本隔断了中国亚热带与古地中海区的联系,以及秦岭、大巴山脉的阻挡又大大地削弱了第四纪冰川所驱使的北方干旱地区植物区系的大举南侵的事实是分不开的。最后,中国特有分布属包含大量各地方特有分布属,因此它在全国范围内的累积效应比其它任何一类都会强。尽管亚热带各点平均比例低于全国统计水平,但累计起来中国特有属在亚热带植物区系中的比例不会低于全国统计水平。

2.2 主成分分析

2.2.1 种子植物属的分布区类型分析

对76个点第2~15分布区类型数据矩阵 $R_{76\times14}$ 进行主成分分析,得表2。然后用76

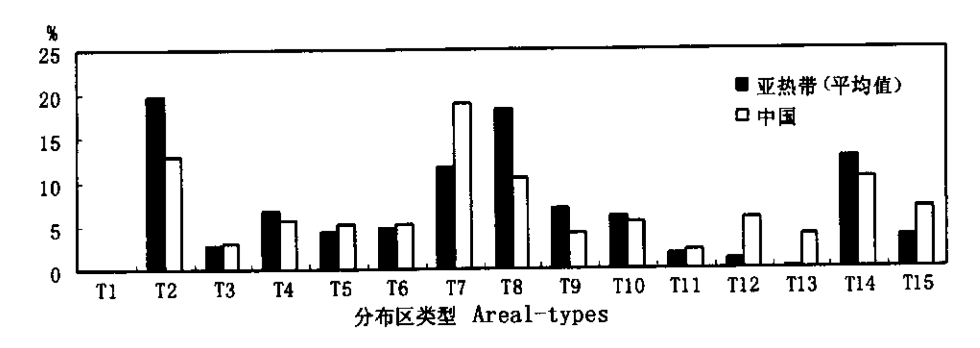


图2 中国与其亚热带地区植物区系地理成分构成的比较
T1=世界分布;T2=泛热带分布;T3=热带亚洲和热带美洲间断分布;T4=旧世界热带分布;T5=热带亚洲至热带大洋洲分布;T6=热带亚洲至热带非洲分布;T7=热带亚洲分布;T8=北温带分布;T9=东亚和北美洲间断分布;T10=旧世界温带分布;T11=温带亚洲分布;T12=地中海区、西亚至中亚分布;T13=中亚分布;T14=东亚分布;T15=中国特有分布

Fig.2 Comparison of floristic element composition between China and the Chinese subtropical region
T1=Cosmopolitan; T2=Pantropic; T3=Trop. Asia & Trop. Amer. Disjuncted; T4=Old World Tropics; T5=Trop. Asia & Trop. Australia; T6=Trop. Asia & Trop. Africa; T7=Trop. Asia; T8=North Temperate; T9=E. Asia & N. Amer. Disjuncted; T10=Old World Temperate; T11=Temp. Asia; T12=the Mediterranean, W. Asia to C. Asia; T13=C. Asia; T14=E. Asia; T15=Endemic to China. (□ Chinese flora; ■ Chinese subtropical flora)

表 2　第 2 ~ 14 分布区类型的 5 个主成分(PC1 ~ PC5)
Table 2　Five principal components(PC1 ~ PC5) of the 2nd to 14th areal-type

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
特征值 Eigen values	6.004	2.133	1.455	0.949	0.774
贡献率 Contri. Prop.	0.429	0.152	0.104	0.068	0.055
累计贡献率 Accumu. Contri. Prop.	0.429	0.581	0.685	0.753	0.808

PC. 主成分。　PC. Principal component.

表 3　主成分及诸变量间的相关系数
Table 3　The correlation coefficient matrices between the principal components and the variables

	PC1	PC2	PC3	PC4	LONG	LAT
PC2	-0.05					
PC3	-0.26*	-0.43**				
PC4	0.02	0.04	0.02			
LONG	-0.34**	-0.19	0.18	0.12		
LAT	-0.88**	0.20	0.15	-0.04	0.38**	
T2	0.63**	0.61**	-0.74**	-0.11	-0.25*	-0.43**
T3	0.33**	-0.13	0.19	0.02	-0.13	-0.29*
T4	0.88**	-0.09	-0.20	0.20	-0.35**	-0.80**
T5	0.78**	-0.19	0.01	0.05	-0.06	-0.64**
T6	0.76**	0.28*	-0.44**	0.14	-0.61**	-0.71**
T7	0.82**	-0.52**	0.19	-0.05	-0.19	-0.79**
T8	-0.92**	0.14	0.25*	-0.29*	0.21	0.81**
T9	-0.69**	-0.34**	0.37**	-0.43**	0.33**	0.58**
T 10	-0.67**	0.25*	-0.16	0.30**	0.11	0.63**
T 11	-0.60**	0.22	0.16	0.07	0.16	0.57**
T 12	-0.28*	0.55**	0.41**	0.36**	0.12	0.32**
T 13	-0.32**	0.46**	0.35**	0.25*	-0.02	0.33**
T 14	-0.54**	-0.54**	0.27*	0.42**	0.50**	0.38**
T 15	-0.36**	-0.34**	0.31**	-0.11	-0.21	0.24**
$T_{s/t}$	0.88**	0.17	-0.34**	-0.05	-0.39**	-0.68**

* $P<0.05$; ** $P<0.01$
LONG = 经度；LAT = 纬度；T2 ~ T15 各分布区类型的解释见图 2；
$T_{s/t}$ = 热带 - 亚热带分布诸类型的和与温带诸类型的和之比。
LONG = Longitude; LAT = Latitude; for the explanation of T2 ~ T15, see Fig. 2;
$T_{s/t}$ = the ratio of the total of subtropical and tropical types to that of temperate types.

个样点在前 4 个主成分上的取值与它们的经度(LONG)、纬度(LATI)、第 2 ~ 15 分布区类型的百分比(T2 ~ T 15)、以及热带 - 亚热带分布诸类型(见图 2 的 2 ~ 7 分布区类型)的和与温带诸类型(见图 2 的 8 ~ 14 分布区类型)的和之比($T_{s/t}$)进行相关分析，得表 3。

表 2 中前 5 个主成分的累计贡献率才达到 80.8%，表明 14 种分布区类型所包含的信息是相当复杂的。从表 3 来看，第一主成分的贡献率达到 42.9%，表现出与纬度的极显著负相关性，反映了地理纬度梯度对区系地理成分分布的突出影响；同时，第一主成分也表现出与经度显著负相关，这主要是中国大地貌的三级阶梯在总体上形成了自东而西抬升的地形梯度，与纬度梯度产生了类似的效应。这一点从 $T_{s/t}$ 与经、纬度同时表现出的显著负相关也得到证实。第二主成分的贡献率为 15.2%，其在中亚和温带亚洲分布类型的分

量为正且值最大，而在热带亚洲、东亚、东亚北美、中国特有等几项的分量为负值，揭示了这两类分布间的巨大差异；加上与纬度的正相关和与经度的负相关，至少隐含着与降水或湿度有关的环境梯度。第三主成分与第一、二主成分有显著的相关性。第四主成分只与温带分布诸类型有关，并似乎反映了局限于旧世界温带范围内的各类成分与扩展到北美或遍及北温带类型的差别。

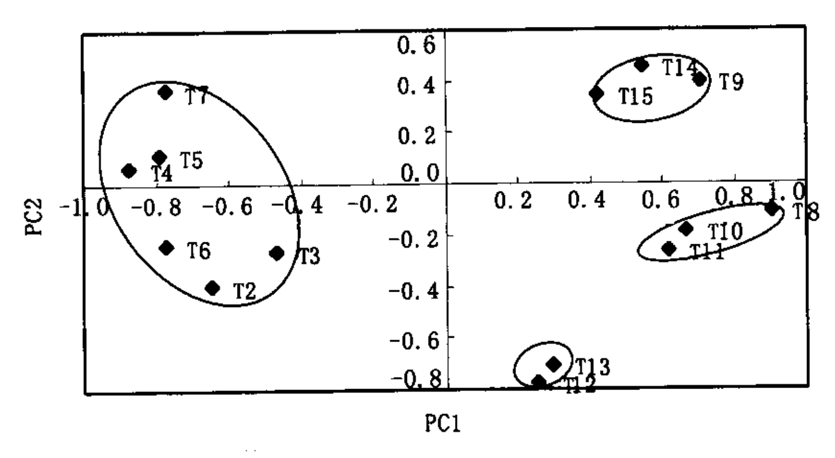


图 3 第 2 ~ 15 分布区类型(T2 ~ T15)在主成分 PC1、PC2 轴平面的分布

Fig. 3 The distribution pattern of the 2nd ~ 15th areal-types(T2 ~ T15) in PC(PC1 & PC2) analysis

将第 2 ~ 15 分布区类型在主成分 1、2 轴平面上排序得图 3。可以看出：

(A) 根据各类型的位置，可大概分出 4 个较近似的组：热带分布诸类(含 T2 ~ T7 类)，地中海 - 中亚分布诸类(含 T 12、T 13类)，温带诸类(含 T 8、T 10、T 11类)，东亚诸类(含 T9、T 14、T 15类)。值得注意的是，热带亚洲分布型与东亚及中国特有分布型的关系不大，而东亚特有、东亚-北美和中国特有分布三类之间的确存在密切的关系，显然具有深远的历史共性。

(B) 从第 1、2 主成分所反映的环境梯度和第 15 类的相对位置来看，分布于亚热带地区的中国特有属主要还是温带-亚热带性质的，其中含有大量的古老孑遗成分。较普遍的观点认为，正是中国亚热带，尤其是华中-西南地区高大的山体和复杂的地形在第四纪冰期拯救了它们。目前它们主要分布在亚热带中山地带暖湿-温湿的环境。同时这一地段复杂多变的生态环境也被认为是新的特有成分的一个重要的发源地(邓铭等，1996)。实际上，第四纪以来冰期/间冰期的气候循环对植物的分布起到了一种筛选和分类聚合的作用，这使得中国亚热带山地的植物区系对于研究中国植物区系的特点及起源有着特别重要的意义。

(C) 东亚-北美分布类型所处的位置表明这类成分能够或曾能够适应更寒冷的环境。

(D) 北温带分布类型中至少是包含了最耐寒的类群；而第 12、13 类的位置表明这两种分布区比温带分布其它类型更温暖而干旱。

(E) 诸类热带分布的关系较温带类型更密切一些，且彼此之间的分异在主成分第二轴上更多，表明主要是环境中水分造成差异。因此，热带亚洲(印度-马来西亚)似乎是最湿润的分布区，而热带亚-非分布区的代表无疑是北非-西亚的热带荒漠地区。

由此来看，上述 14 个种子植物属的分布区类型与宏观尺度上植物区系形成和分化的环境梯度及其历史变化存在清晰的对应关系和较强的可解释性。

2.2.2 样点的 PCA 排序

76 个样点在主成分第 1、2 轴平面的排序上（图 4），主要反映的仍然是沿第 1 轴的纬度梯度分异，第 2 轴与经度或水分梯度之间存在某种复杂的非线性关系。这使得至少可以分出几个小组：

组 1：自秦岭南坡到鄂西神农架，大别山北坡到皖北一片，属北亚热带，其中又包括①秦岭-鄂西北-伏牛山；②桐柏山-大别山；③神农架一带 3 个小组，它们的环境差异多少表现在温度和湿度两方面。从第 2 轴来看，这一组的环境稍偏干。

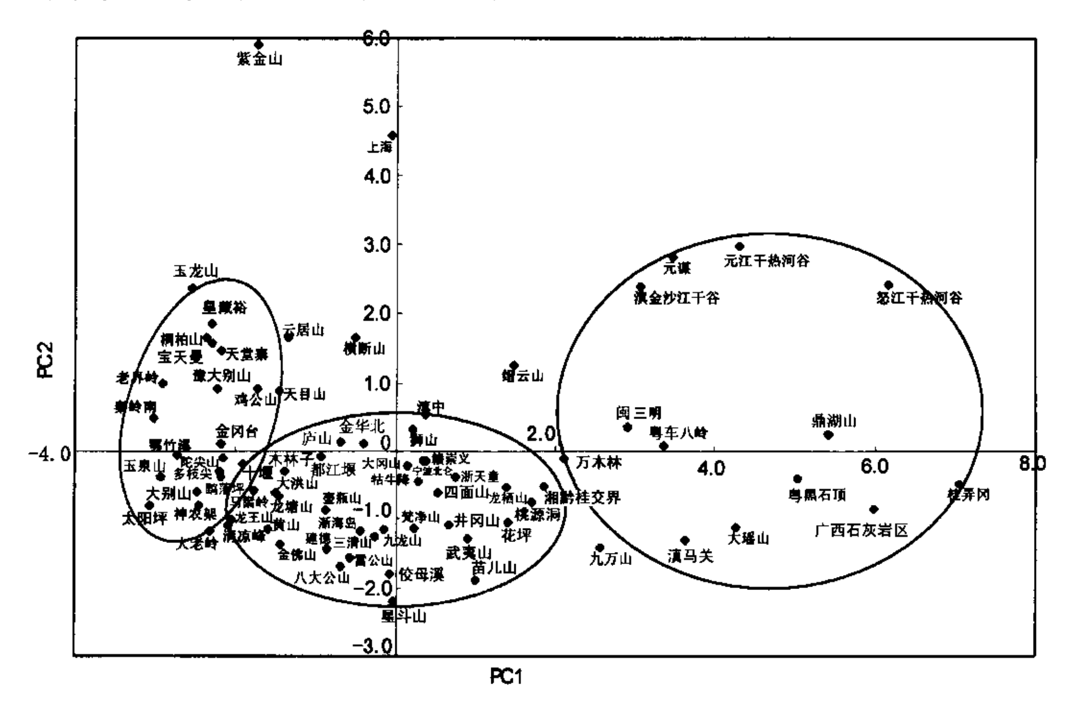


图 4 我国亚热带 76 个地区在植物区系地理成分的 PCA 排序图

Fig. 4 The PCA ordination graph of the floristic elements of 76 local floras in the Chinese subtropical region

组 2：从川西都江堰到浙江海岛，从皖南的黄山、清凉峰到湘黔桂交界地区，属于中亚热带地区，这一组只以鄂、湘、川、黔边界地段和浙、赣交界地段形成两个比较模糊的会聚中心，亚热带东西部样点的分异并不清楚，而且彼此之间的距离非常接近，更难讲有多少与地理位置的差异或地理环境的变异有关。这一组的分布环境似乎都比较湿润。

组 3：自广西九万山至福建三明一线往东进入南亚热带，各地之间的差距明显增大，且元谋、元江河谷、金沙江河谷、怒江河谷等几个干热谷地与其它显著分开。本组与组 2 的界限也很清楚。

另外，南京紫金山和上海因为处在城市区，与同纬度其它地区表现出较大的差异。玉龙山和横断山与亚热带其余点的关系也比较游离，因为其较高的海拔高度和更偏西的地理位置，以至使区系及其地理成分的构成差别较大。

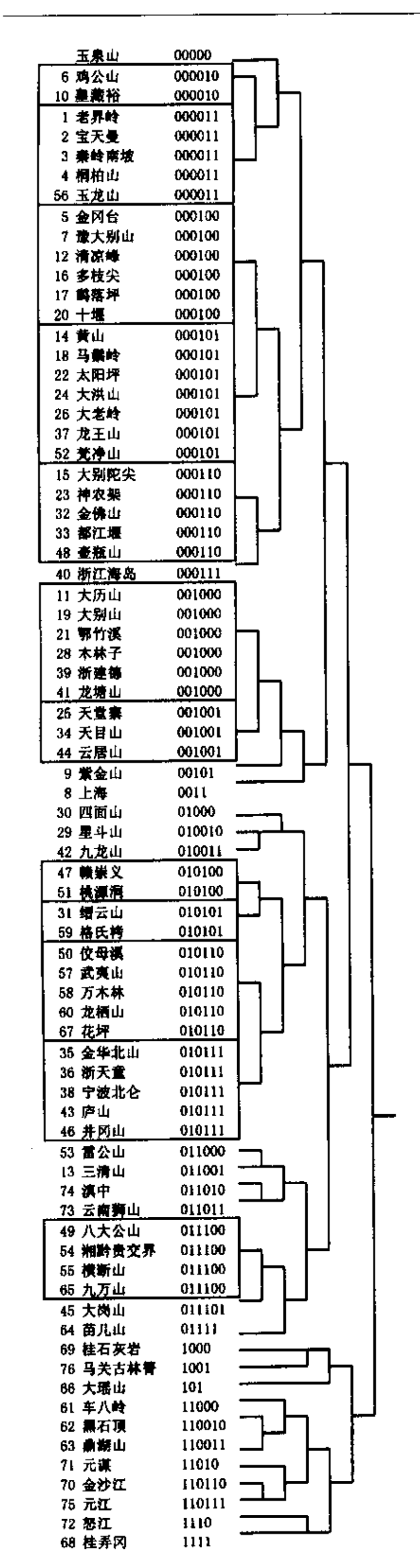


图 5 基于地理成分构成的我国亚热带 76 个地区植物区系 TWINSPAN 分类图

Fig.5 The TWINSPAN dendrograph of 76 local floras in the Chinese subtropical region based on the floristic elements.

2.3 TWINSPAN 聚类分析

上述的主成分排序主要利用了分布在第 1、2 主成分上共占 58.1%的信息来考察亚热带 76 个样点间的关系。这里采用目前植物群落分类常用的二元指示种聚类分析(TWINSPAN)方法来进行 76 个样点的聚类。该方法特别适合于处理复杂的多元数据聚类问题。数据预处理和程序算法详见李振宇和邱小敏(1993)。分类结果见二歧分类树状图(图 5)。

分类结果与 PCA 排序反映的格局基本吻合。结果表明:①大致相应于亚热带 3 个亚带的分组基本是清晰的,同时,南亚热带组与其它两组的关系更弱一些;②由于山地海拔的影响,浙、赣、湘、川的北部山地被归入亚热带北部组;中部有了以浙赣闽和湘黔桂滇北为中心的模糊分化;南部各点的关系比较疏远。更进一步的结构则没有明确反映。另外横断山脉地区没有表现为特殊的一类,可能由于数据点很少的缘故。

上述分类结果表现出宏观和模糊的特点,似乎并不很理想。究其原因有两个方面:一方面,与属的分布区类型这个分析单位有关,实际上属的分布区类型构成本来就包含着历史、地理、生态和进化等多方面的形成原因,用它来表达某一方面的格局,则很可能受到其中包含的其它信息的干扰,尽管这些信息之间存在某种性质和形式的关联。比如,这一单位对原始区系数据中的某些缺陷或干扰具有一定的抗性,但同时也就能抹去不同分析对象之间关键细节的差异。前面的分析表明,相对来看,中国亚热带区域尺度稍小一些,如果使用这个单位来分析全球这个大区尺度的区系与环境的对应格局可能有更好的效果。另一方面,应该看到

中国亚热带区域内植物区系总体特征的一致性也应是一个主要因素，因为这一区域自晚第三纪以来一直处在相对稳定而封闭的发育环境之中。

2.4 样带分析

样带方法是反映宏观尺度上某种空间格局的梯度变化的一种重要方法，是目前全球宏观生态环境变化研究中的一个非常有效的手段和方法论。这里借用这一方法试图反映亚热带植物区系中种子植物属的不同分布区类型的梯度变化。样带选择的标准是：包含尽量多且分布较均衡的样点，要能反映区域的主要梯度。

据此标准，选择了东经 108.5°～111.5° 之间的一条南北样带和北纬 29°～31° 之间的一条东西样带。南北样带含 18 个样点(见表 1 中“ * ”者)，从北纬 33.7° 的河南老界岭到 24.1° 的广西大瑶山。样带从秦岭经川东鄂西山地、湘黔桂到广西境内，刚好经过中国大地貌第二级台阶东缘，也是中国特有属发达的华中－西南地区的典型山地。东西样带含 24 个点(见表 1 中“ # ”者)，从东经103.6° 的四川都江堰到 121.9° 的浙江宁波北仑，中间经过川东-鄂西南山地、大别山南坡、皖南山地和浙西低山丘陵，纬度上处在中亚热带北缘。

这里只对两条样带上世界分布属占总属数的百分比(T1)、中国特有属占第 2～15 类分布型总属数的百分比(T 15)、以及热带－亚热带分布与温带分布属的比值($T_{s/t}$)3 个指标做梯度分析。得图 6A(1～3)和图 6B(1～3)。

图 6A(1～3)表明在南北样带中：① 中国特有分布属的比例平均达到 4.63%，从拟合的幂函数趋势曲线来看，北纬 30° 附近达到最高值，恰在川东－鄂西地区；② 热带-亚热带分布属与温带分布属的比值随海拔增加而降低，很好地符合拟合的幂函数曲线，大约在北纬 28° 附近比值达到 1；③ 世界分布属的比例形成两头翘、中间下凹的分布格局，并大约在北纬 30° 附近达到最低值，显示了与中国特有分布类型相反的分布规律。

图 6B(1～3)表明在东西样带中：① 中国特有分布属的比例自东往西增加，在东经 108°附近达到最高点，恰是川东-鄂西地区；②热带-亚热带分布属与温带分布属的比值自东往西经历一个下凹段后又抬升，表明亚热带东部沿海地区海洋性气候的增温效应在植物区系地理成分中得到了表现，而西部则是秦岭、大巴山的庇护下亚热带沿四川盆地而北沿；③ 世界分布属的比例，总体上来看，东部高于西部，一个特高点是鄂西当阳玉泉寺，为一旅游区，可能长期受人为活动干扰所致。

总之，南北样带明显地反映了纬度梯度对植物区系地理成分的影响，而东西样带则显示了我国亚热带地区东部沿海和西部四川盆地亚热带北伸所造成的区系成分变化。两条样带的交汇核实了川东-鄂西地区这一种子植物特有属分布中心的存在和位置。另外，世界分布属的比例的空间变化反映了与人类活动干扰相关的特征，与中国特有属的分布规律相反。可见，各分布区类型的空间格局与亚热带地区环境梯度之间存在着明显的相关关系。

3 结 论

3.1 中国种子植物属的第 2～15 分布区类型的第一主成分反映热量梯度，第二主成分隐含着水分梯度。在主成分第 1、2 轴平面上 14 个类型聚合成 4 个组：热带诸成分，含 2、3、

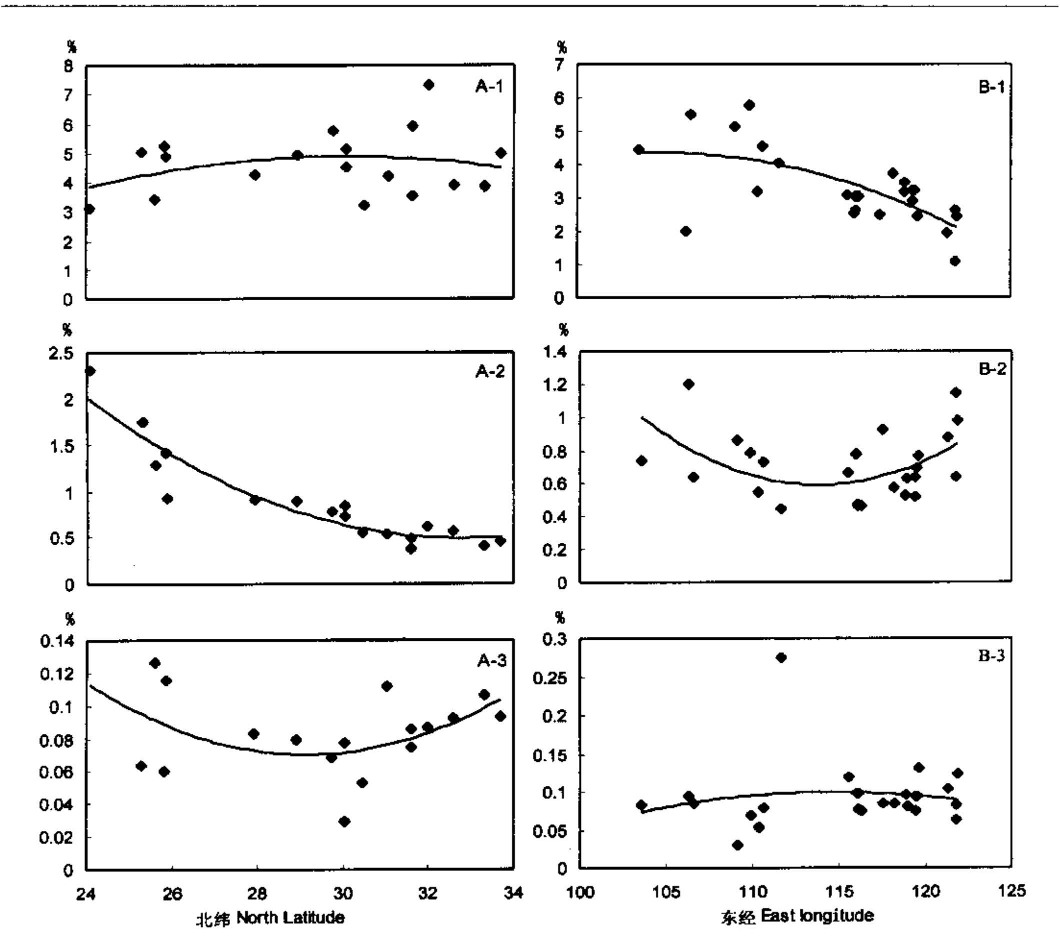


图6 东经108.5°~111.5°样带A和北纬29°~31°样带B上植物区系的三种地理成分所占百分比的梯度变化
A-1,B-1=中国特有属; A-2,B-2=热带、亚热带属与温带属之比; A-3,B-3=世界广布属。
Fig.6 The gradient changes of three floristic elements along the 108.5°~111.5° E transect A and the 29°~31° N transect B.
A-1,B-1=Genera endemic to China; A-2,B-2=The ratio of the tropical and subtropical genera vs. temperate genera; A-3,B-3=Cosmopolitan genera.

4、5、6、7类;温带成分,含8、10、11类;地中海-中亚干旱区成分,含12、13类;东亚成分,含8、14、15类。

3.2 亚热带植物区系的特点

泛热带成分与北温带成分有同等的重要地位;东亚、东亚-北美分布成分的比例明显高于全国水平;中亚、地中海-西亚-中亚分布的比例特别低;亚热带各地点中国特有分布属的比例平均达到3.5%。

3.3 对亚热带76个地点的PCA排序区分了3个组

①北亚热带组,含秦岭-鄂西北-伏牛山亚组,桐柏山-大别山亚组和神农架一带亚组,稍偏温干;②中亚热带组,形成川东湘鄂西和浙赣交界两个模糊的分化中心,东西交错强烈,环境温暖湿润;③南亚热带组,分化出西南干热河谷亚组和湿热季风区亚组,点间距离明显增大。对同样数据TWINSPAN分类得出近似的结论:南亚热带组与另两组的距离更大,亚热带东西部区系地理成分的构成分异不显著。

分析结果表明,以属的分布区类型难以反映更细致的区系分异特征,这一分析单位可

能更适合于更宏观的分析。

3.4 对北纬29°～31°和东经108.5°～111.5°东西和南北样带各一条上中国特有属、世界分布属及热带-亚热带属与温带属的比($T_{s/t}$)分别作梯度分析。结果反映了$T_{s/t}$沿纬度梯度下降的趋势，在大约北纬28°附近比值为1。$T_{s/t}$能够反映亚热带东部海洋性气候和西部秦岭大巴山的庇护对两端亚热带北延的现象。两条样带共同核实了川东-鄂西特有分布中心的存在和位置。世界分布属的比例分布与特有属相反，并表现出与人类活动强度相关的特征。

必须承认，由于目前亚热带地区植物区系的研究还有大量的工作要做，现有的区系资料在空间上也很不均衡，这肯定会使上述分析结果的准确性受到影响。另外要详细地弄清亚热带植物区系及其地理成分的空间格局，还需要从不同分类群和不同分类单位的角度和水平来更深入细致地研究。

致谢　本文承应俊生先生审阅并提出修改意见，特致谢忱！

参 考 文 献

王荷生，1992．植物区系地理．北京：科学出版社

吴征镒，王荷生，1983．中国自然地理——植物地理(上册)．北京：科学出版社

吴鲁夫著，仲崇信，张梦庄译，1960．历史植物地理学引论．北京：科学出版社

A.И.托尔马乔夫著，李锡文，宣淑洁译，1965．分布区学说原理．北京：科学出版社

Deng M (邓铭)，Wang W-X(王万贤)，Fu Y-S(傅运生)，Yang Y(杨毅)，1996．On the flora of Dahong Mountain, Hubei Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，14(2)：122～130

Gao J(高峻)，Yang B-S(杨斌生)，1995．The flora of Wanmulin in north Fujian Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，13(4)：301～309

Guo S-L(郭水良)，Liu P(刘鹏)，1993．Studies on the flora geography in Mount Bei of Jinhua, Zhejiang Province, China. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，11(4)：307～314

Hu J-Q(胡嘉琪)，Liang S-W(梁师文)，1996．Plants of Huangshan Mountain. Shanghai: Fudan University Press

Huang C-L(黄成林)，1993．A study on the plant flora of Qingliangfeng Nature conservation, Anhui Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，11(2)：155～162

Huang Y-X(黄义雄)，1989．Preliminary studies on the flora geography in Lushan Mountain. J Fujian Nor Univ(福建师范大学学报)，5(3)：96～102

Jiang M-Q(蒋木青)，Chen R-J(陈仁均)，Qian S-X(钱士心)，1990．The analysis of the flora in Mt. Dali, Anhui and the rare and nearly exterminating protected plants. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，8(2)：157～164

Li L-Q(李良千)，Zhang C-F(张春芳)，Song S-Y(宋书银)，1991．The flora of the Huping Mountains in W. Hunan Province. Acta Phytotax Sin(植物分类学报)，29(2)：113～130

Li Z-Y(李振宇)，Qiu X-M(邱小敏)，1993．Reports on the Plant Resources of the Jiuwan Mountains, Guangxi, China. Beijing: China Forestry Publishing House. 280

Li Z-Y(李振宇)，1994．Plants of Longqi Mountain, Fujian, China. Beijing: China Sci. & Tech. Press

Lin L-G(林来官)，Lin Y-R(林有润)，Chang Y-T(张永田)，1981．A list of vascular plants from Wuyishan, north Fujian. Wuyi Sci J(Supplement)(武夷科学，增刊)，1：17～72

Liu B (刘宾)，1991．A study on the flora of Tuojian Mountain area of the Dabie Mountains, Anhui Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，9(3)：239～246

Liu N(刘念)，Ye H-G(叶华谷)，Zhang G-C(张桂才)，1994．The essential characters of the Hunan Jiaomuxi flora and the relationships between it and those of neighboring regions. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)，12(1)：25～35

Liu P(刘鹏), 1993. A study on the flora of the Dabieshan and the relationship between the southern and the northern slope. Guihaia(广西植物), 13(3): 225~233

Liu R-L(刘仁林),Tang G-C(唐赣成), 1995. Study on flora of spermatophyte in Jinggang Mountain. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 13(3): 210~218

Qian H(钱宏), 1989. A study on the floristic relations between the northern part of Dabie Mountain in Anhui and the adjacent floristic regions. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 7(1): 39~48

Shen X-S(沈显生), 1986. The study on the flora of the Tiantangzhai Mountains of the Dabie Mountains, Anhui Province. Acta Bot Sin(植物学报), 28(6): 657~663

Song J-Z(宋建中), Li B(李博), 1990. Preliminary analysis on spermatophyte flora of Mulinzi nature sanctuary in W. Hubei. J Central China Nor Univ(Natural Science Edition)(华中师范大学学报,自然科学版), 24(1): 61~69

Tang Y-F(汤艺峰), Wu G-F(吴国芳), 1990. A study on the flora of Sanqingshan in Jiangxi Province. J East China Nor Univ(Natural Science Edition)(华东师范大学学报,自然科学版), 1: 104~108

Tao G-F(陶光复), 1983. A preliminary study on the flora of Dabie Mountain, Hubei Province. J Wuhan Bot Res (武汉植物学研究), 1(1): 91~100

Wu Z-Y(吴征镒), 1965. On the tropical affinities of the Chinese flora. Chinese Sci Bull(科学通报), 1: 25~33

Wu Z-Y(吴征镒), 1991. The areal-types of Chinese genera of seed plants. Acta Bot Yunnan(Supp. Ⅳ)(云南植物研究,增刊)

Xie G-W(谢国文), Ding B-Z(丁宝章), Wang S-Y(王遂义), 1991. A study on the floristics of Mt. Yunjushan in North Jiangxi. Acta Bot Yunnan(云南植物研究), 13(4): 391~401

Xie Z-W(谢中稳), Cai Y-L(蔡永立), 1994. Basic floristic characteristics of Yaoluoping Nature Reserve, Anhui Province. J Anhui Agri Univ(安徽农业大学学报), 21(4): 507~512

Xie Z-W(谢中稳), Cai Y-L(蔡永立), Zhou L-L(周良骝), Zhang F-L(张福林), 1995. The flora and forest vegetation of Huangzangyu Nature Reserve, Anhui Province. J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究), 13(4): 310~316

Ying T-S(应俊生), Li Y-F(李云峰),Guo Q-F(郭勤峰), Cui H(崔禾) 1990. The flora and vegetation at Taibai mount in Qinling Mountain. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 28(4): 261~293

Ying T-S(应俊生), Ma C-G(马成功), Zhang Z-S(张志松), 1979. Observations of the flora and vegetation of Mt. Shenglongjia in western Hubei, China. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 17(3): 41~60

Ying T-S(应俊生), Zhang Z-S(张志松), 1984. Endemism in the flora of China——studies on the endemic genera. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 22(4): 259~268

Zhang H-D(张宏达), 1980. The origin and development of Cathaysian flora. J Zhongshan Univ(Natural science) (中山大学学报,自然科学版), 1: 1~12

Zhang J-T(张金屯), 1995. The Methods in Plant Quantitative Ecology. Beijing: China Sci. & Tech. Press

Zhang X-S(张新时), 1995. Studies on global change and terrestrial ecosystems. Science frontline and Perspective (科学前沿与展望). Vol . 1: 153~174

Zheng C-Z(郑朝宗), 1986. A preliminary analysis of flora in Tianmu Mountain. J Hangzhou Univ(Supp.)(杭州大学学报,增刊)(Natural Science Edition), 13: 11~17

Zheng Z(郑重), 1993. A preliminary study on the flora of vascular plants in Shenlongjia, China. J Wuhan Bot Res (武汉植物学研究), 11(2): 137~148

(责任编辑 白羽红)